

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів 1, 2 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Прогнозування параметрів транспортних систем» (для студентів 1, 2 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Россолов, Г. О. Самчук. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 42 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. В. Россолов,
канд. техн. наук, асист. Г. О. Самчук

Рецензент

Д. П. Понкратов, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,
протокол № 21 від 02.05.2019.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
ЗАВДАННЯ № 1 Статистична оцінка результатів прогнозу.....	5
ЗАВДАННЯ № 2 Прогнозування обсягів перевезень вантажів методом лінійної екстраполяції.....	9
ЗАВДАННЯ № 3 Прогнозування обсягу перевезень населення на міських автобусних маршрутах.....	13
ЗАВДАННЯ № 4 Визначення коефіцієнтів регресійних моделей прогнозу величини транспортної роботи.....	16
ЗАВДАННЯ № 5 Прогнозування часу очікування пасажирів.....	29
ЗАВДАННЯ № 6 Прогнозування параметрів функціонування маршрутної мережі міста.....	35
Список рекомендованих джерел.....	42

ВСТУП

Прогнозування є невід'ємною частиною процесу проектування транспортних систем та оцінки елементів транспортних процесів. В рамках курсу «Прогнозування параметрів транспортних систем» студенти повинні набути навички з визначення строків прогнозу, вміти прогнозувати характеристики транспортних систем, визначати взаємодію системи та середовища, проводити верифікацію моделей та прогнозних даних.

В результаті вивчення дисципліни «Прогнозування параметрів транспортних систем» студенти повинні знати формалізовані методи прогнозування, методи прогнозування характеристик транспортних потоків, принципи прогнозування за методом найменших квадратів, методи оцінки параметрів моделей прогнозування.

ЗАВДАННЯ № 1 СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУ

Мета заняття: закріпити практичні навички статистичної оцінки результатів прогнозу.

Завдання: визначити основні показники оцінки точності та якості прогнозних моделей.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 1.1) визначити середню помилку апроксимації даних, коефіцієнт детермінації та коефіцієнт множинної кореляції.

Варіант вихідних даних визначається за номером в списку групи. Наприклад, студент під № 5 в рамках роботи має варіант 05. Відповідно, вихідні дані з таблиці 1.1 приймаються за передостанньою цифрою (в наведеному прикладі це буде «0»), а з таблиці 1.2 за останньою цифрою (згідно з прикладом це буде «5»).

Таблиця 1.1 – Результати заміру швидкості руху транспортних засобів

Номер заміру швидкості руху, км/год	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	23	24	25	28	24	29	30	23	27	24
2	24	25	26	28	29	28	29	25	27	29
3	25	26	25	23	28	28	27	27	23	23
4	26	25	25	29	27	27	28	23	26	29
5	26	27	29	24	24	27	23	26	23	27
6	27	26	29	25	30	28	25	28	24	29
7	27	26	25	30	26	28	24	22	27	25
8	27	23	23	28	26	23	24	27	24	25
9	27	26	28	29	24	28	24	24	25	24
10	28	26	26	24	26	25	22	25	28	26
11	28	23	26	24	27	22	28	25	25	25
12	28	26	25	29	27	22	23	23	28	29
13	28	27	26	24	30	28	26	25	28	26
14	29	23	22	25	29	23	26	27	30	23
15	29	28	27	23	30	26	26	28	24	29

Таблиця 1.2 – Результати прогнозування швидкості руху за моделлю

Результати розрахунку швидкості руху за моделлю, км/год	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27	25	24	25	27	25	28	26	26	27
2	25	26	25	28	27	28	27	25	26	27
3	26	26	25	25	27	25	26	24	26	26
4	27	27	27	28	28	26	26	28	27	25
5	27	26	27	26	24	26	27	25	24	25
6	25	27	27	25	28	26	26	26	27	27
7	26	26	26	28	27	24	26	26	24	25
8	26	27	26	24	26	25	27	25	27	25
9	28	26	26	28	28	24	28	27	28	24
10	28	26	26	26	28	25	25	24	25	25
11	28	28	26	27	27	26	24	26	26	27
12	24	28	27	27	24	25	28	26	27	25
13	26	24	28	27	27	24	24	26	25	28
14	24	26	27	28	25	28	28	25	24	28
15	24	25	24	28	25	28	27	27	26	28

Рекомендації до виконання

Етап 1. Необхідно виконати сортування даних для кожного масиву даних, а саме: «Швидкість руху по замірах» та «Швидкість руху за моделлю». Сортування даних виконується за принципом зростання даних. Результати сортування даних необхідно відобразити на графіку.

Етап 2. Необхідно оцінити ступінь відхилення прогнозних даних від реальних значень швидкості руху транспортного засобу. Для цього використовується наступний показник – «середня відносна помилка апроксимації».

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100, \quad (1.1)$$

де n – кількість звітних даних (у межах цієї роботи n дорівнює кількості замірів, а саме 15 од.);

y_i – звітні дані (статистична інформація); у роботі відповідає результатам замірів швидкості руху (табл. 1.1);

\hat{y}_i – дані, отримані за моделлю (прогноз) (табл. 1.2).

Якщо отримане значення середньої відносної помилки апроксимації не перевищує 5 %, прогнозна спроможність моделі є високою. Поряд з цим в залежності від рівня стохастичності досліджуваної величини середня відносна помилка апроксимації може доходити до 10 %. У разі перевищення даного значення модель необхідно уточнювати.

Етап 3. Ще одним показником, який дозволяє оцінити «якість» побудованої моделі є «коефіцієнт детермінації», який позначається як R^2 . Він використовується як міра адекватності сформованої моделі прогнозу для апроксимації даних. Він приймає значення від 0 до 1. Відповідно, при наближенні його значення до 1 модель характеризується кращими апроксимаційними можливостями.

Його розраховують за такою залежністю:

$$R^2 = \frac{s_{\text{модель}}^2}{s_{\text{стат}}^2}, \quad (1.2)$$

де $s_{\text{модель}}^2$ – дисперсія за моделлю, (км/год)²;

$s_{\text{стат}}^2$ – дисперсія за звітними даними (статистичними), (км/год)².

Відповідно значення $s_{\text{модель}}^2$ та $s_{\text{стат}}^2$ визначають так:

$$s_{\text{модель}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\hat{y}_i - \bar{y} \right)^2}{n}, \quad (1.3)$$

$$s_{\text{стат}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(y_i - \bar{y} \right)^2}{n}, \quad (1.4)$$

де \bar{y} – середнє значення результуючої ознаки. В рамках роботи визначається на основі результатів замірів швидкості руху (табл. 1.1).

Етап 4. Розрахунок множинного коефіцієнту кореляції (індекс кореляції), який дозволяє оцінити тісноту взаємозв'язку між факторними ознаками, які використовуються в моделі прогнозу та результуючою ознакою. Цей показник набуває значень від 0 до 1 за аналогією з коефіцієнтом детермінації:

$$I_{yx} = \sqrt{R^2}. \quad (1.5)$$

За результатами проведених розрахунків виконати аналіз та сформулювати висновки.

Контрольні питання

1. На підставі яких даних виконується розрахунок середньої відносної помилки апроксимації?
2. Що дозволяє оцінити середня відносна помилка апроксимації?
3. Які допустимі межі зміни значення середньої відносної помилки апроксимації?
4. З якою метою виконується розрахунок коефіцієнту детермінації?
5. Якого мінімального та максимального значення набуває коефіцієнт детермінації?

ЗАВДАННЯ № 2 ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ МЕТОДОМ ЛІНІЙНОЇ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ

Мета заняття: закріпити теоретичні знання з прогнозування параметрів транспортних систем за методом лінійної екстраполяції.

Завдання: виконати прогноз обсягів перевезень вантажів методом лінійної екстраполяції на основі статистичного ряду виконаних заявок на перевезення.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 2.1, 2.2) виконати прогноз обсягів перевезень при зростанні кількості заявок на перевезення вантажів. Варіант обирається аналогічно правил роботи № 1. Валові обсяги перевезень вантажів для кожної транспортної компанії формуються на основі кількості виконаних заявок на перевезення та величини заявки на перевезення (обсяг партії вантажу). Розмір заявки може варіюватися, що може обумовлювати різні значення валових обсягів перевезень при однакових значеннях кількості виконаних замовлень. Таким чином, використовуючи методологію лінійної екстраполяції визначити прогнозні значення можливих валових обсягів перевезень. Передбачається, що на ринку перевезень спостерігається позитивна тенденція до зростання кількості замовлень на перевезення вантажів.

Таблиця 2.1 – Статистичні значення кількості замовлень за звітні періоди

Порядковий номер звітного періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	25	30	40	15	45	50	45	35	45	50
2	30	37	51	22	56	57	56	48	53	58
3	32	39	56	24	61	59	61	52	55	61
4	33	41	59	26	64	61	64	56	57	63
5	34	42	60	26	65	61	65	57	58	64
6	34	43	61	27	66	62	66	58	59	65
7	36	45	66	30	71	65	71	64	62	68

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	37	46	68	31	73	66	73	66	64	70
9	38	48	71	33	76	68	76	70	66	72
10	40	51	75	35	80	70	78	72	69	74

Таблиця 2.2 – Статистичні дані валових обсягів перевезень за звітні періоди

Порядковий номер звітнього періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	132	450	600	270	495	342	455	455	405	348
2	390	510	610	312	728	708	720	616	594	550
3	400	592	612	312	732	780	840	768	767	576
4	480	624	896	396	768	806	854	832	806	612
5	480	630	975	396	990	840	936	864	812	845
6	495	656	994	405	994	915	1095	924	848	962
7	510	663	1121	420	1120	976	1152	928	935	976
8	612	779	1122	465	1168	1000	1216	980	1024	1050
9	646	782	1260	468	1235	1020	1320	988	1026	1088
10	703	864	1360	595	1748	1122	1491	1083	1380	1224

Рекомендації до виконання

Етап 1. На першому кроці необхідно визначити середнє значення розмірів замовлення для кожного з 10-ти звітних періодів. Точність розрахунку у разі отримання нецілого значення виконувати до одного знаку після коми:

$$\bar{q}_i^{-з} = \frac{Q_i^{\text{вал}}}{N_i^{\text{зам}}}, \quad (2.1)$$

де $\bar{q}_i^{-з}$ – середній розмір замовлення, т;

$Q_i^{\text{вал}}$ – валовий обсяг замовлення за звітній період, т;

$N_i^{\text{зам}}$ – кількість виконаних замовлень за звітній період, од.

Етап 2. Виконати статистичну оцінку середнього розміру замовлення на перевезення в цілому за 10 звітних періодів. Для визначення даного показника необхідно враховувати загальну кількість виконаних замовлень за кожен звітний період

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{10} N_i^{\text{зам}} \cdot \bar{q}_i}{\sum_{i=1}^{10} N_i^{\text{зам}}} \quad (2.2)$$

Етап 3. Виконати прогноз валових обсягів перевезень за умови збільшення кількості заявок на обслуговування.

Основною умовою збільшення кількості заявок на обслуговування є «крок» збільшення кількості заявок. Довжиною кроку є кількість додаткових заявок на обслуговування. Крок зростання кількості заявок наведено по варіантах в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані для моделювання кількості майбутніх заявок на обслуговування (варіант обирається аналогічно з варіантом табл. 2.2)

Довжина кроку зростання кількості заявок	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔN	4	3	2	5	6	1	4	2	3	7

Прогноз будується на чотири кроки вперед. Отже, розрахунок майбутніх значень кількості заявок виконується за такою залежністю:

$$N_{i+1}^{\text{зам}} = N_i^{\text{зам}} + \Delta N. \quad (2.3)$$

Таким чином, наприклад, для визначення кількості замовлень в 11-му (прогнозованому) періоді $N_i^{\text{зам}}$ приймається для 10-го періоду. Відповідно,

розрахунок для 12-го періоду виконується на основі $N_i^{\text{зам}}$ попереднього прогнозного періоду (11-го). В результаті повинно бути сформовано прогнозні кількості заявок для періодів 11, 12, 13 та 14.

Етап4. Прогноз валових обсягів перевезень для періодів 11, 12, 13 та 14 за методом лінійної екстраполяції. Прогноз виконується за наступною моделлю:

$$Q_{i+1}^{\text{вал}} = Q_{i-1}^{\text{вал}} + \frac{(N_{i+1}^{\text{зам}} - N_{i-1}^{\text{зам}})}{(N_i^{\text{зам}} - N_{i-1}^{\text{зам}})} \cdot (Q_i^{\text{вал}} - Q_{i-1}^{\text{вал}}), \quad (2.4)$$

де i – порядковий номер останнього значення в статистичному ряду.

Результати розрахунків представити у вигляді графіку.

Етап5. Виконати оцінку динаміку зміни валових обсягів перевезень.

$$\Delta_{i-(i+1)} = \left(\frac{Q_i^{\text{вал}} - Q_{i+1}^{\text{вал}}}{Q_i^{\text{вал}}} \right) \cdot 100. \quad (2.5)$$

Результати розрахунку представити у вигляді гістограми.

За результатами проведених розрахунків виконати аналіз та сформулювати висновки.

Контрольні питання

1. Як виконується формалізація лінійного зв'язку між функцією та аргументом?
2. У чому полягає метод лінійного екстраполювання даних?
3. Які позитивні та негативні сторони застосування методу лінійного екстраполювання?
4. У чому відмінність методу лінійної екстраполяції від методу лінійної інтерполяції?
5. Наведіть приклади прогнозування основних характеристик транспортного процесу за методом лінійної екстраполяції?

ЗАВДАННЯ № 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НАСЕЛЕННЯ НА МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ

Мета заняття: набути практичних навичок розрахунків обсягу перевезень пасажирів у містах.

Завдання: спрогнозувати обсяг перевезень на міських автобусних маршрутах.

Задача. Скорегувати згідно з варіантом транспортну рухливість населення та питомий зміст автобусних перевезень у загальному обсягу перевезень; визначити перспективну рухливість населення та питомий зміст; визначити рухливість населення на автобусному транспорті; розрахувати обсяг перевезень пасажирів на автобусах.

Виконати оцінку розроблених моделей та розробити прогноз параметрів та показників транспортних систем. Вихідні дані: згідно з чисельністю населення (табл. 3.1–3.3).

Чисельність міста:

$$N = \frac{N_0}{3} \cdot 10^5 + 50000, \quad (3.1)$$

де N_0 – номер за списком.

Таблиця 3.1 – Транспортна рухливість населення по категоріям міст

Група міста	Чисельність населення, тис. чол	Середина інтервалу, тис. чол	Роки				
			1	2	3	4	5
1	Більше 1000	1500	461	465	467	474	479
2	500-1000	750	391	394	397	399	401
3	250-500	375	378	379	382	382	382
4	100-250	175	330	333	334	334	337
5	50-100	75	192	194	197	198	199

Таблиця 3.2 – Рівень питомого змісту автобусних перевезень в місті

Група міста	Роки				
	1	2	3	4	5
1	0,230	0,230	0,230	0,239	0,232
2	0,254	0,316	0,288	0,295	0,298
3	0,331	0,337	0,350	0,358	0,369
4	0,553	0,566	0,572	0,594	0,605
5	0,681	0,692	0,496	0,715	0,725

Рекомендації до виконання

Етап 1. Методом лінійної інтерполяції розрахувати транспортну рухливість та питомий зміст автобусних перевезень за останні п'ять років.

$$X = X_{\min} + \frac{(N - N_{\min}) \cdot (X_{\max} - X_{\min})}{(N_{\max} - N_{\min})}, \quad (3.2)$$

де X, X_{\min}, X_{\max} – показник, що визначається (транспортна рухливість або питомий зміст автобусних перевезень);

N, N_{\min}, N_{\max} – чисельність населення для відповідних інтервалів.

Результати розрахунків сформувати в таблицю.

Етап 2. Прогноз транспортної рухливості населення та питомого змісту автобусних перевезень визначається за лінійною одно факторною моделлю.

$$X_6 = a + 6 \cdot b, \quad (3.3)$$

де a, b – коефіцієнти моделі, відповідно.

Визначення коефіцієнтів a та b (окремо для моделі транспортної рухливості та питомого змісту автобусних перевезень) виконується шляхом вирішення системи нормальних рівнянь.

$$\begin{cases} 5 \cdot a + b \cdot \sum_{t=1}^5 t = \sum_{t=1}^5 X_t \\ a \sum_{t=1}^5 t + b \cdot \sum_{t=1}^5 t^2 = \sum_{t=1}^5 X_t \cdot t \end{cases}, \quad (3.4)$$

де t – порядкові номери років;

X_t – значення показника, яке визначається, за кожним роком.

Етап 3. Прогнозування обсягу пересувань на міських автобусних маршрутах.

Рухливість, що реалізована на автобусних маршрутах:

$$P_{\text{автобус}(6 \text{ рік})} = P_6 \cdot Y_6, \quad (3.5)$$

де P_6 – транспортна рухливість населення;

Y_6 – рівень питомого змісту автобусних перевезень в місті.

Обсяг перевезень пасажирів, що реалізовано на автобусних маршрутах

$$Q_{\text{автобус}} = P_{\text{автобус}(6 \text{ рік})} \cdot N. \quad (3.6)$$

За результатами проведених розрахунків сформулювати висновки.

Контрольні питання

1. Що таке рухливість населення?
2. У чому полягає метод лінійної інтерполяції?
3. Які моделі використовуються для виконання прогнозування?
4. Яким чином знаходяться коефіцієнти регресійних моделей?
5. Яким чином визначається обсяг перевезень пасажирів?

ЗАВДАННЯ № 4 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУ ВЕЛИЧИНИ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ

Мета заняття: закріпити теоретичні знання з розрахунку коефіцієнтів регресійних моделей на основі методу найменших квадратів.

Завдання: розробити альтернативні адитивні та мультиплікативні моделі прогнозу величини транспортної роботи та визначити їх коефіцієнти.

Задача. Використовуючи вихідні дані (табл. 4.1–4.3), розрахувати коефіцієнти регресійних моделей за методом найменших квадратів.

Варіант обирається аналогічно правил роботи №1.

Величина транспортної роботи формується на основі величини вантажного пробігу транспортних засобів та обсягу перевезень, але така статистична інформація не завжди є в доступності. У зв'язку з цим прогнозування обсягу виконаної транспортної роботи виконується на основі «суміжних» показників, наприклад, кількості виконаних обертів, середньої довжини маршруту та вантажності рухомого складу. На підставі цього в рамках роботи необхідно розробити альтернативні регресійні моделі на основі статистики по двох факторах: кількості виконаних обертів за звітний період та середньої вантажності рухомого складу, який було застосовано для перевезення.

Таблиця 4.1 – Статистичні значення виконаної транспортної роботи

Порядковий номер звітного періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5642	6132	6258	6065	6591	5956	6212	5913	6257	6247
2	6533	6536	6402	6083	6723	6138	6498	6005	6479	6825
3	6560	6630	6513	6124	6932	6217	6571	6074	6508	6848
4	6579	6632	6533	6500	6954	6432	6574	6270	6735	6893
5	6830	6907	6590	6644	7074	6514	6641	6494	6826	6918
6	6986	6928	6803	6704	7146	6750	6724	6604	6841	7091

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	6760	6741	6669	6477	6940	6541	6667	6535	6880	6918
8	7292	7266	7272	7110	7467	7047	7302	7329	7444	7672
9	7088	7031	7064	6874	7333	6937	7072	7101	7315	7455
10	7136	7253	7127	6946	7341	6962	7134	7102	7398	7608

Таблиця 4.2 – Статистичні дані кількості виконаних їздок

Порядковий номер звітної періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	51	52	50	51	50	51	51	53	50	52
2	55	53	55	53	54	52	53	60	51	55
3	55	55	55	54	58	53	53	61	57	55
4	56	55	55	56	59	57	54	64	58	57
5	56	55	58	56	63	65	56	64	59	57
6	56	55	58	57	64	65	59	65	60	57
7	57	60	59	58	67	66	60	68	60	59
8	57	65	61	58	67	67	61	68	61	60
9	62	66	65	59	70	68	63	72	64	62
10	66	67	66	63	70	71	67	72	66	62

Таблиця 4.3 – Статистичні дані середньої вантажності рухомого складу

Порядковий номер звітної періоду	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	9	9	6	5	6	7	7	8	10
2	9	6	7	9	8	8	9	6	9	10
3	6	7	6	7	10	7	10	6	9	6
4	9	5	7	9	7	9	10	6	9	9
5	7	10	9	8	6	8	7	9	9	5
6	7	8	9	7	8	9	9	9	5	8
7	8	8	7	8	9	8	5	6	9	8
8	6	9	8	10	9	6	6	9	8	5
9	8	8	8	8	6	10	6	7	7	10
10	6	8	8	7	6	8	8	10	9	10

Рекомендації до виконання

1 Етап. Формування альтернативних варіантів адитивних регресійних моделей. Найпростіший варіант регресійної моделі буде мати наступний вигляд:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n, \quad (4.1)$$

де a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресійної моделі;

z – кількість виконаних їздок, од.;

\bar{q}_n – середня вантажність рухомого складу, т.

Оскільки метою побудови моделі прогнозу є збільшення точності результатів прогнозу, необхідно дослідити варіанти комбінування факторних ознак. Наприклад, можна виконати процедуру множення факторів (кількості виконаних їздок та середньої вантажності) в результаті чого формується новий фактор:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n + a_3 \cdot z \cdot \bar{q}_n, \quad (4.2)$$

або можливе збільшення ступеня рівняння:

$$\hat{P} = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot \bar{q}_n + a_3 \cdot z^2. \quad (4.3)$$

Таким чином, в результаті виконання першого етапу необхідно отримати три альтернативні види адитивних моделей. Відповідно, для кожної моделі формується чисельний ряд факторних ознак. Ця процедура виконується в разі комбінування двох факторів або збільшення ступеню рівняння.

Етап 2. Виконується розрахунок коефіцієнтів регресійних моделей на основі методу найменших квадратів. Розрахунки виконуються з використанням MSExcel надбудови «Аналіз даних» «Регресія» (рис. 4.1).

Після виклику функції «Регресія» необхідно ввести в діалогове вікно значення функції – «Вхідний інтервал Y», яким є значення величини транспортної роботи P . Після чого вводиться діапазон «Вхідний інтервал X»,

яким є діапазон значень величини кількості їздок та середньої вантажності. Важливо зазначити, що діапазон двох та більше факторів вводиться разом (рис. 4.2, 4.3).

Унаслідок введення даних користувач отримує діалогове вікно такого вигляду(рис. 4.4).

Варто зазначити, що для полегшення обробки результатів розрахунку коефіцієнтів регресії користувачу необхідно активувати режим «Метки».

Вивід результатів розрахунку можливий на новий робочий аркуш або на той же робочий аркуш, на якому знаходяться вихідні дані. Для цього необхідно обрати варіант «Выходной интервал» та позначити місце для виводу результатів на робочому аркуші. Результати регресійного аналізу представлені на рисунку 4.5.

Кольором на рисунку 4.5 позначено отримані значення коефіцієнтів регресійної моделі позначеної в формулі (4.1). «Y-пересечение» є коефіцієнтом a_0 , a_1 – відповідає фактору Z , a_2 – фактору q .

Аналогічним чином розрахунок виконується для моделей (4.2) та (4.3).

Етап 3. Виконати розрахунок значень середньої відносної похибки апроксимації для трьох альтернативних варіантів адитивних моделей. Зробити висновок про доцільність застосування моделі з найменшою похибкою.

Етап 4. Побудова мультиплікативних моделей прогнозування величини транспортної роботи. У якості альтернативних мультиплікативних моделей можна застосовувати показникову (4.4) або степеневу (4.5):

$$\hat{P} = b_0 \cdot b_1^z \cdot b_2^{\bar{q}_n}, \quad (4.4)$$

$$\hat{P} = b_0 \cdot z^{b_1} \cdot \bar{q}_n^{\bar{b}_2}. \quad (4.5)$$

Побудова моделей мультиплікативного виду передбачає також використання методу найменших квадратів для оцінки коефіцієнтів моделей.

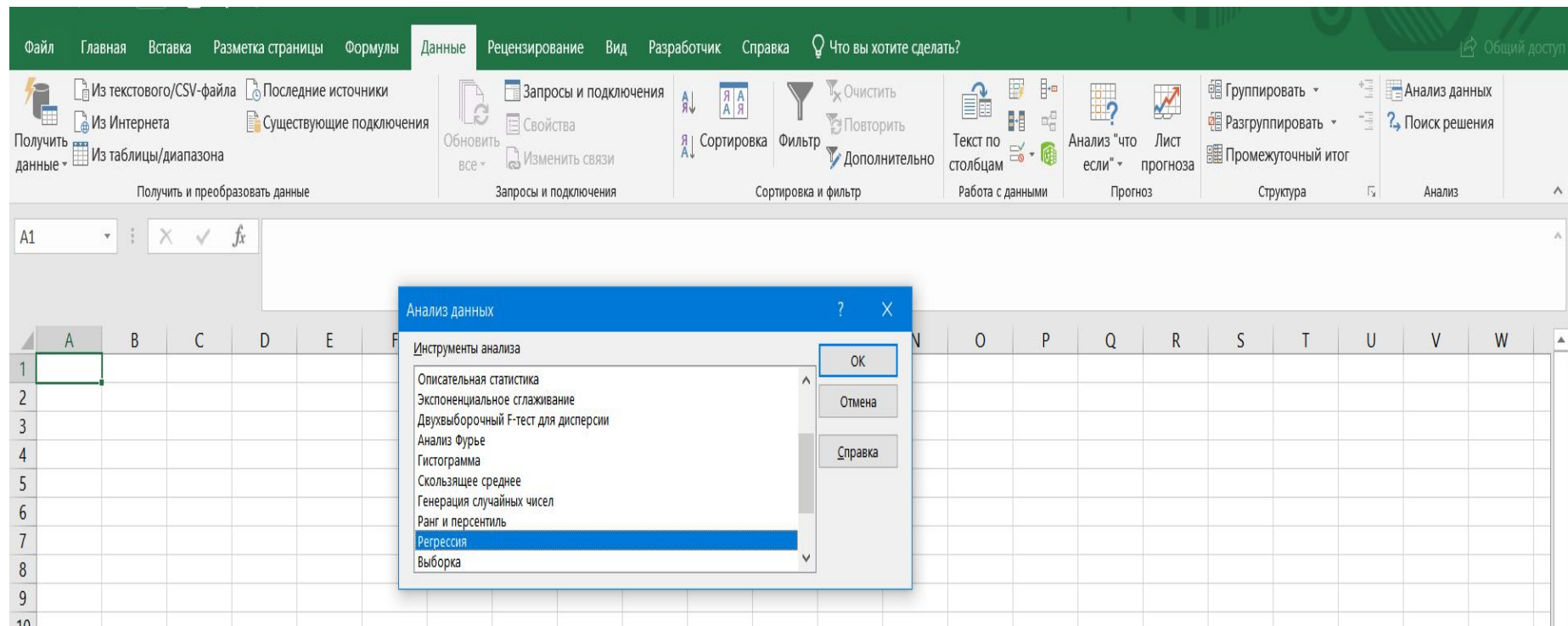


Рисунок 4.1 – Диалогове вікно виклику надбудови «Регресія» в MSExcel

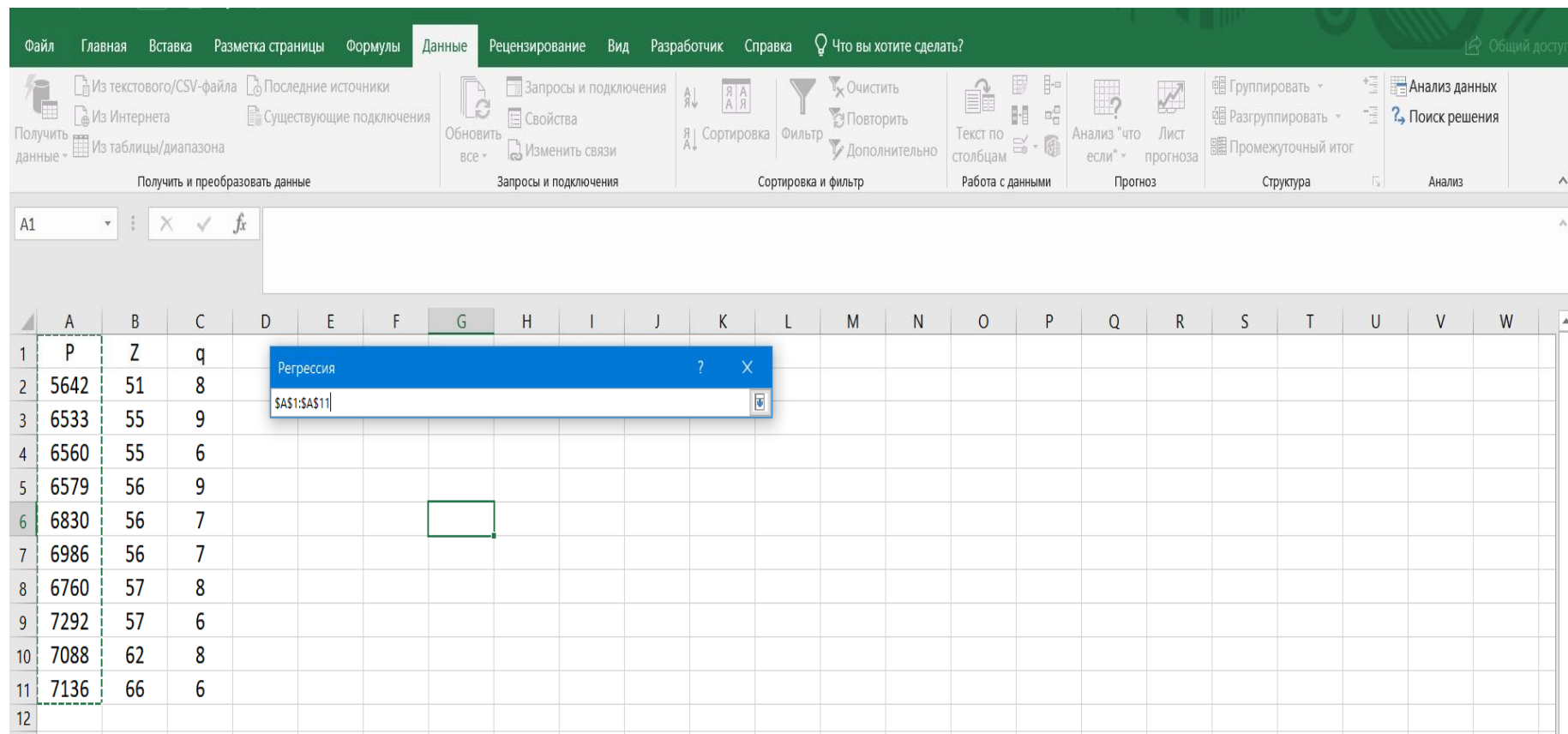


Рисунок 4.2 – Введення діапазону «Вхідний інтервал Y»

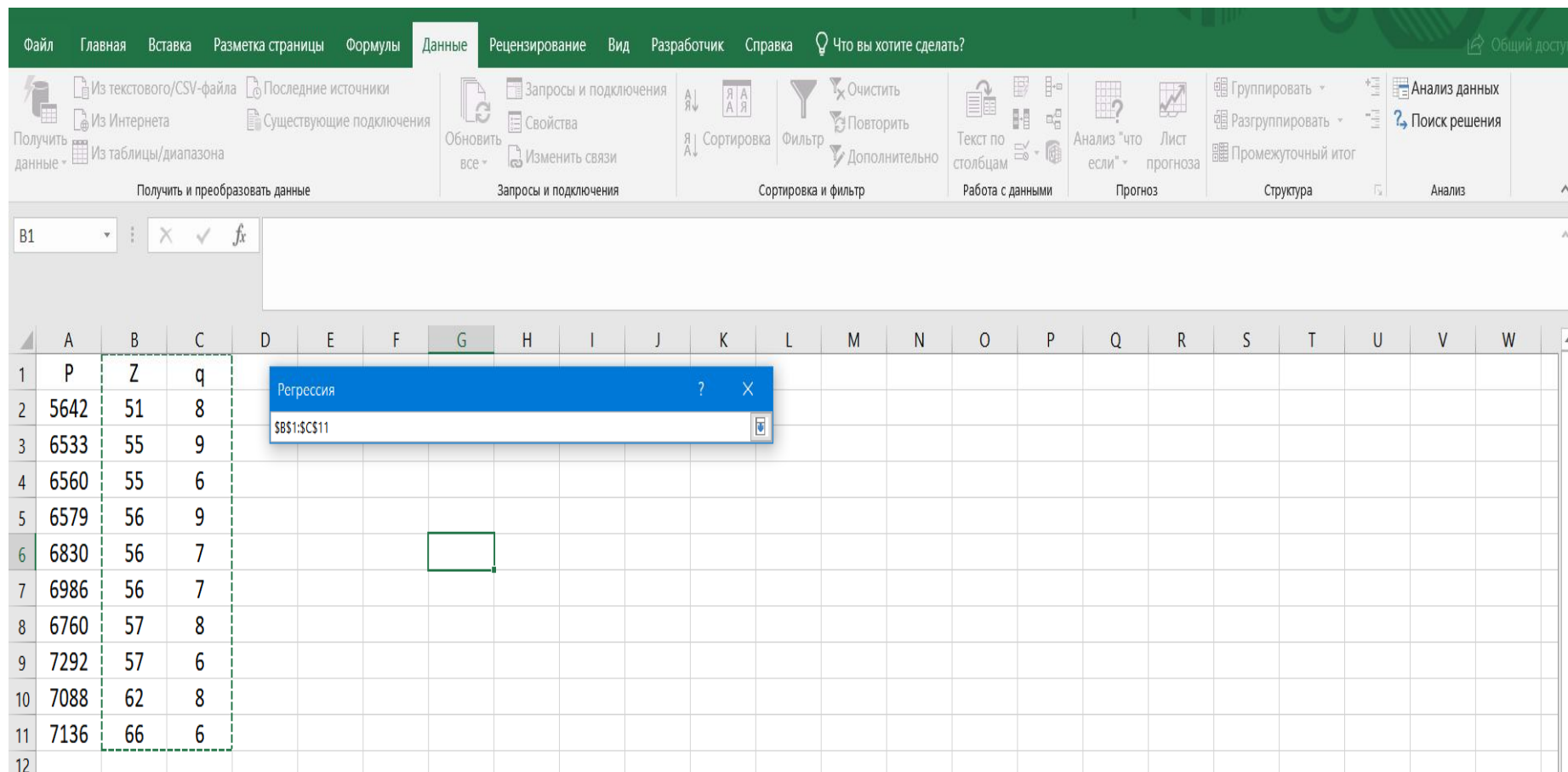


Рисунок 4.3 – Введения діапазону «Вхідний інтервал X»

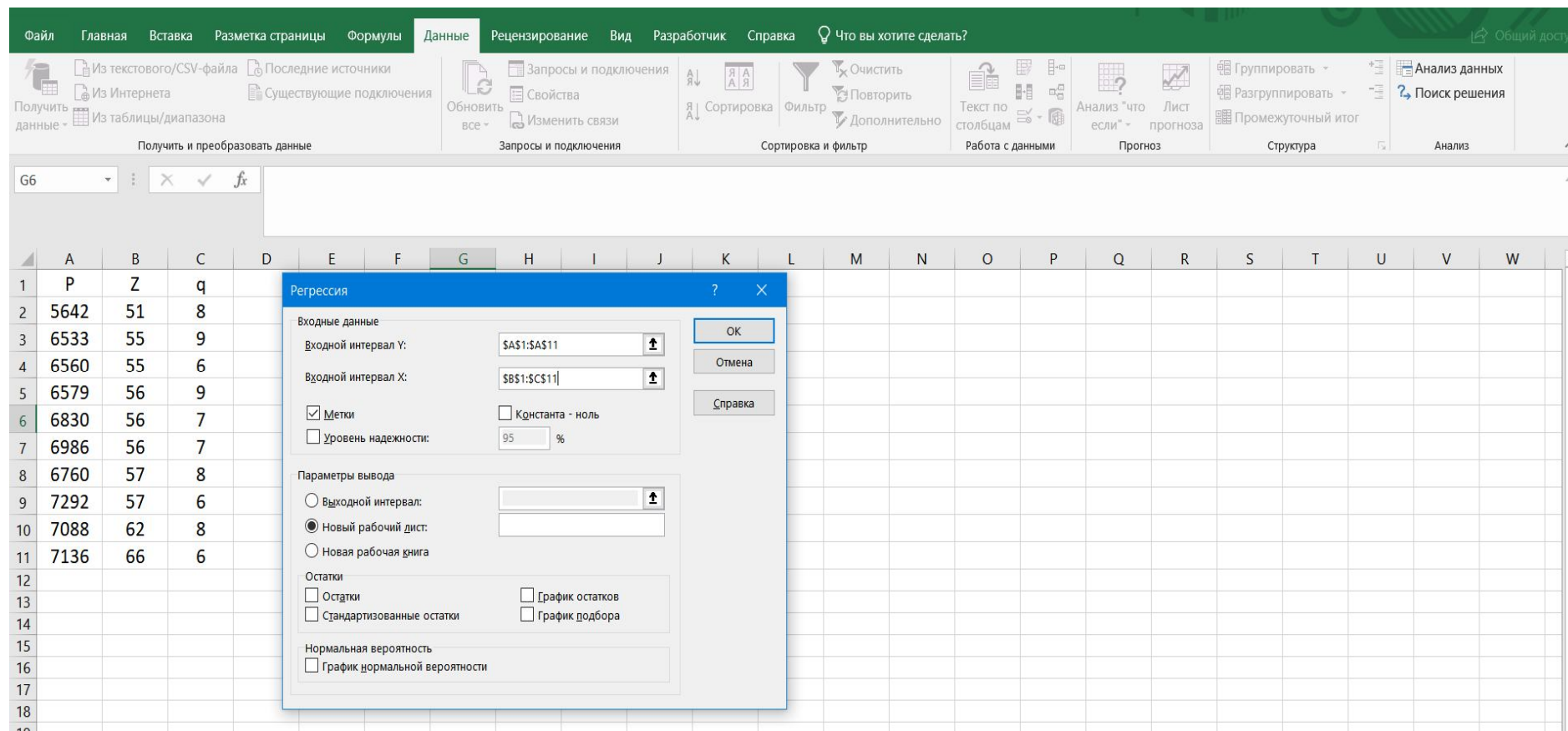


Рисунок 4.4 – Результаты ввода входных данных в диалоговое окно «Регрессия»

<div> <div> <div>Файл</div> <div>Главная</div> <div>Вставка</div> <div>Разметка страницы</div> <div>Формулы</div> <div>Данные</div> <div>Рецензирование</div> <div>Вид</div> <div>Разработчик</div> <div>Справка</div> <div>Что вы хотите сделать?</div> </div> <div>Общий доступ</div> </div>																
<div> <div> <div>Вставить</div> <div>Буфер обмена</div> </div> <div> <div> <div>Calibri</div> <div>11</div> <div>A</div> <div>A</div> </div> <div> <div>Ж</div> <div>К</div> <div>Ч</div> </div> <div> <div>Шрифт</div> </div> </div> <div> <div> <div> <div>Общий</div> <div>Условное форматирование</div> <div>Форматировать как таблицу</div> <div>Стили</div> </div> <div> <div> <div>Перенести текст</div> <div>Объединить и поместить в центре</div> </div> <div> <div>Число</div> </div> </div> <div> <div> <div> <div>Вставить</div> <div>Удалить</div> <div>Формат</div> </div> <div> <div>Ячейки</div> </div> </div> <div> <div> <div> <div>Автосумма</div> <div>Заполнить</div> <div>Очистить</div> </div> <div> <div>Сортировка и фильтр</div> <div>Найти и выделить</div> </div> </div> </div> </div> </div></div></div>																
<div> <div> <div>D16</div> <div>fx</div> </div> </div>																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	P	Z	q		ВЫВОД ИТОГОВ											
2	5642	51	8													
3	6533	55	9		Регрессионная статистика											
4	6560	55	6		Множественный R	0,756942002										
5	6579	56	9		R квадрат	0,572961194										
6	6830	56	7		Нормированный R-квадрат	0,450950107										
7	6986	56	7		Стандартная ошибка	345,6499547										
8	6760	57	8		Наблюдения	10										
9	7292	57	6													
10	7088	62	8		Дисперсионный анализ											
11	7136	66	6			df	SS	MS	F	Значимость F						
12					Регрессия	2	1122093,162	561046,5809	4,695976463	0,05089038						
13					Остаток	7	836317,2382	119473,8912								
14					Итого	9	1958410,4									
15																
16						Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%			
17					Y-пересечение	3302,589127	2079,866567	1,587885098	0,156334947	-1615,513797	8220,692051	-1615,513797	8220,692051			
18					Z	72,65000592	29,61992499	2,45274105	0,04393034	2,610012958	142,6899989	2,610012958	142,6899989			
19					q	-95,9870899	104,0104211	-0,922860315	0,386783874	-341,932654	149,9584742	-341,932654	149,9584742			
20																

Рисунок 4.5 – Результаты розрахунку коефіцієнтів регресійної моделі прогнозу

Для виконання розрахунків необхідно виконати процедуру лінеаризації вхідних даних, які в подальшому використовуються для процедури «Регресія».

Наведемо приклад лінеаризації для показникової моделі (4.4) та степеневій (4.5):

$$\ln(P) = \ln(b_0) + z \cdot \ln(b_1) + \bar{q}_i \cdot \ln(b_2). \quad (4.6)$$

Як зрозуміло з формули (4.6), лінеаризація показникової функції передбачає логарифмування лише значення величини транспортної роботи (вихідні дані).

$$\ln(P) = \ln(b_0) + b_1 \cdot \ln(z) + b_2 \cdot \ln(\bar{q}_n). \quad (4.7)$$

У разі степеневій функції лінеаризація виконується шляхом логарифмування як результуючої (величина транспортної роботи за вихідними даними) так і факторних ознак (кількість їздок та середня вантажність транспортного засобу).

Більш трудомістким є процес побудови степеневій функції, тому розглянемо для неї приклад розрахунку. Так, першим кроком є логарифмування даних. Результати цієї процедури наведено на рисунку 4.6.

P	LN(P)	Z	LN(Z)	q	LN(q)
5642	8,638	51	3,931	8	2,079
6533	8,784	55	4,007	9	2,197
6560	8,788	55	4,007	6	1,791
6579	8,791	56	4,025	9	2,197
6830	8,829	56	4,025	7	1,945
6986	8,851	56	4,025	7	1,945
6760	8,818	57	4,043	8	2,079
7292	8,894	57	4,043	6	1,791
7088	8,866	62	4,127	8	2,079
7136	8,8729	66	4,1897	6	1,7918

Рисунок 4.6 – Результати логарифмування даних

Результат визначення коефіцієнтів регресії для степеневій функції надано на рисунку 4.7. У результаті одержано коефіцієнт для Z , що дорівнює 0,69. Для фактору \bar{q}_n -0,0989, відповідно.

Варто зазначити, що коефіцієнт b_0 одержується шляхом експонування одержаного значення «Y-пересечение», тобто виконується така процедура:

$$b_0 = \exp(Y - \text{пересечение}), \quad (4.8)$$

$$b_0 = 2,71^{6,221} = 503,255.$$

Таким чином, підсумковий вигляд функції степеневій моделі прогнозу мультиплікативного вигляду буде таким:

$$\hat{P} = 503,255 \cdot Z^{0,69} \cdot q^{-0,0989}.$$

На підставі одержаної моделі можна визначити прогнозні значення величини транспортної роботи. Наприклад, для першого значення зі статистичного ряду (вихідні дані за рис. 4.6) прогнозне значення буде визначатися так:

$$\hat{P}_1 = 503,255 \cdot 51^{0,69} \cdot 8^{-0,0989} = 6175,59 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Аналогічним чином виконується розрахунок коефіцієнтів показникової функції згідно процедури лінеаризації за формулою (4.6). Отримані значення коефіцієнтів регресії необхідно експонувати за аналогією з формулою (4.8).

За результатами розрахунків зробити висновки щодо доцільності використання адитивних та мультиплікативних моделей прогнозу.

Файл

Главная

Вставка

Разметка страницы

Формулы

Данные

Рецензирование

Вид

Разработчик

Справка

Что вы хотите сделать?

Вставить

Буфер обмена

Calibri

11

A⁺

A⁻

Ж

К

Ч

Шрифт

Общий

Число

Условное форматирование

Стили

Форматировать как таблицу

Стили

Стили

Стили

Вставить

Удалить

Формат

Ячейки

Ячейки

Σ Автосумма

Заполнить

Очистить

Сортировка и фильтр

Найти и выделить

Редктирование

J13

7

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	LN(P)	LN(Z)	LN(q)			ВЫВОД ИТОГОВ									
2	8,638	3,9318	2,0794												
3	8,7846	4,0073	2,1972			Регрессионная статистика									
4	8,7887	4,0073	1,7918			Множественный R	0,769944008								
5	8,7916	4,0254	2,1972			R-квадрат	0,592813775								
6	8,8291	4,0254	1,9459			Нормированный R-квадрат	0,476474854								
7	8,8517	4,0254	1,9459			Стандартная ошибка	0,052466436								
8	8,8188	4,0431	2,0794			Наблюдения	10								
9	8,8945	4,0431	1,7918												
10	8,8662	4,1271	2,0794			Дисперсионный анализ									
11	8,8729	4,1897	1,7918				df	SS	MS	F	Значимость F				
12						Регрессия	2	0,028053456	0,014026728	5,095575653	0,043080008				
13						Остаток	7	0,019269088	0,002752727						
14						Итого	9	0,047322545							
15															
16						Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%		
17						Y-пересечение	6,221097198	1,16521256	5,339023462	0,001076887	3,465807319	8,976387076	3,465807319	8,976387076	
18						LN(Z)	0,690028152	0,264132612	2,61243073	0,034790093	0,065453772	1,314602532	0,065453772	1,314602532	
19						LN(q)	-0,098972623	0,115661661	-0,855708129	0,420481595	-0,372468991	0,174523745	-0,372468991	0,174523745	
20															

Рисунок 4.7 – Результат визначення коефіцієнтів регресії для степеневі функції

Контрольні питання

1. Що таке регресійний аналіз?
2. Яким чином проводиться розрахунок коефіцієнтів регресійних моделей?
3. Що показує значення «Y-пересечение»?
4. Для чого проводиться процедура лінеаризації вхідних даних?
5. Яким показником оцінюється адекватність моделі?

ЗАВДАННЯ № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСУ ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРІВ

Мета заняття: дати статистичну оцінку інтервалу зміни часу очікування пасажирів на зупиночних пунктах.

Завдання: виконати прогнозування часу очікування пасажирів.

Задача. Визначити тривалість часу очікування транспортних засобів пасажирами на зупиночних пунктах після підходу на зупинку; визначити тривалість часу очікування транспортних засобів пасажирами на зупиночних пунктах під час пересадки; побудувати гістограми розподілу часу очікування для двох сценаріїв; розрахувати статистичні характеристики тривалості часу очікування для двох сценаріїв; виконати прогноз рівня коливань часу очікування маршрутних транспортних засобів.

Вихідні дані наведено в таблицях 5.1, 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.1 – Статистичні значення моментів підходу пасажирів на зупиночний пункт

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	7	5	8	6	0	6	8
2	9	6	9	5	7	8	6	8	6	8
3	5	7	5	7	6	5	2	5	2	6
4	0	9	1	6	1	3	4	7	7	6
5	9	2	8	10	6	6	2	2	8	9
6	9	0	4	8	2	5	10	5	4	8
7	3	4	0	1	9	1	5	0	8	10
8	2	3	5	9	3	4	6	3	5	9
9	9	3	6	5	2	6	6	5	10	9
10	4	6	5	2	2	4	1	4	1	0
11	7	0	9	5	6	5	6	1	3	9
12	5	4	3	6	3	2	6	2	9	8
13	4	3	5	4	7	10	4	8	10	3
14	3	2	7	5	8	10	9	9	3	7
15	7	9	3	0	7	5	9	1	5	0
16	7	8	9	7	6	3	5	4	8	9
17	7	3	8	2	10	8	1	5	4	6
18	8	9	6	10	1	6	6	5	8	3
19	10	7	2	3	4	5	10	8	2	10
20	9	5	1	3	2	9	5	7	7	4

Таблиця 5.2 – Статистичні дані моментів прибуття на зупиночний пункт транспортних засобів, з яких здійснюється пересадка

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	11	11	9	10	9	9	11	10	12
2	9	9	10	9	10	12	8	9	10	8
3	11	10	11	12	10	10	9	9	9	9
4	11	8	12	9	9	8	10	9	10	10
5	10	12	9	9	10	9	9	11	10	10
6	10	11	10	8	11	11	8	8	9	10
7	10	9	9	10	8	10	11	12	11	10
8	8	11	8	11	10	9	10	10	8	9
9	8	10	9	9	9	9	9	12	10	10
10	10	8	10	10	11	10	10	9	9	9
11	11	10	12	10	10	9	11	9	10	9
12	9	11	9	8	9	9	10	10	11	11
13	9	9	9	11	10	10	8	12	10	11
14	11	10	9	11	11	9	11	10	11	11
15	12	10	9	11	11	9	9	9	10	10
16	11	10	10	11	9	9	9	10	11	10
17	12	10	8	10	10	10	9	12	11	10
18	9	11	10	10	10	10	11	12	10	13
19	11	8	10	10	11	9	8	8	11	9
20	11	9	11	10	10	11	10	9	10	10

Таблиця 5.3 – Статистичні дані моментів прибуття на зупиночний пункт транспортних засобів, на які здійснюється пересадка

Порядковий номер	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	12	15	16	14	17	15	15	14	13
2	14	15	16	15	15	16	14	14	13	16
3	15	15	17	16	15	14	18	15	15	16
4	15	14	16	16	16	17	15	14	15	17
5	16	16	14	14	16	14	16	15	14	15
6	14	15	14	14	15	15	16	15	15	14
7	14	15	15	14	15	14	16	13	15	15
8	17	14	14	14	13	14	15	17	15	15
9	14	16	15	16	15	16	15	16	15	15
10	14	14	15	16	16	14	15	17	14	15
11	14	15	15	14	16	15	15	14	15	14

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	14	17	14	14	15	16	14	15	15	15
13	15	15	16	16	16	13	15	14	15	16
14	15	16	12	16	15	13	15	16	14	14
15	14	15	15	15	15	12	14	14	16	16
16	15	15	14	16	16	15	15	16	15	15
17	15	15	16	15	14	15	14	16	17	15
18	15	15	17	15	13	16	15	14	15	14
19	17	16	14	14	15	15	14	15	16	14
20	15	16	12	16	15	13	15	16	14	14

Рекомендації до виконання

Етап 1. Визначити час очікування пасажирів, що підходять на зупиночний пункт.

Час очікування пасажирів (tw) формалізується як різниця між моментом підходу пасажирів (A) та моментом прибуття транспортного засобу (D) (рис. 5.1).

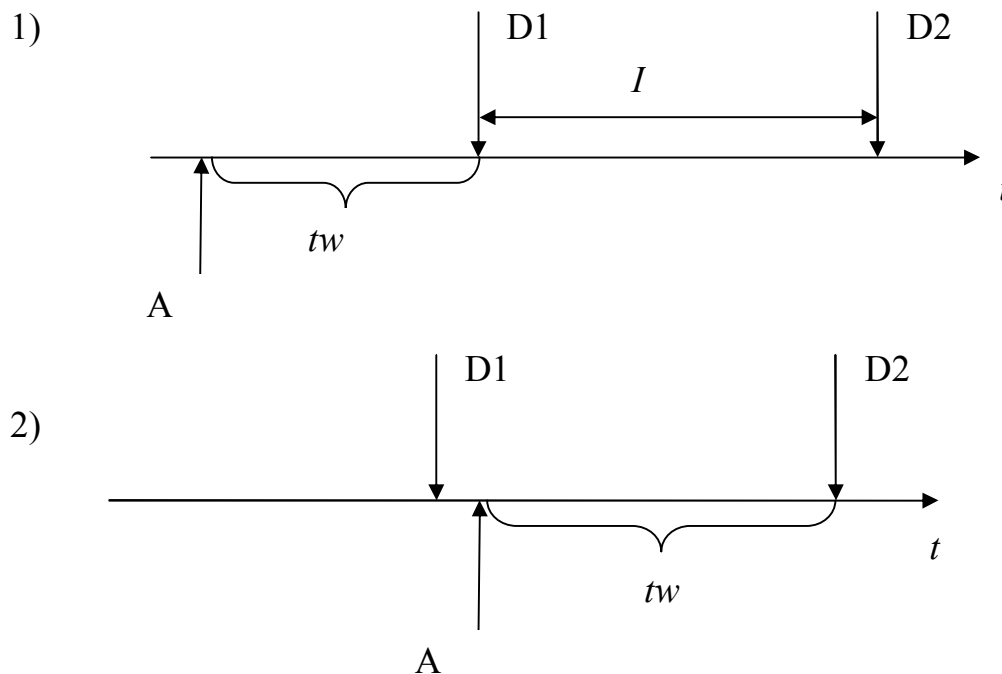


Рисунок 5.1 – Схема визначення часу очікування пасажирів

Час очікування розраховується за залежністю

$$tw = D - A, \quad (5.1)$$

$$tw = \begin{cases} D_1 - A, & \text{при } A \leq D_1; \\ D_2 - A, & \text{при } A > D_1. \end{cases} \quad (5.2)$$

Момент прибуття транспортного засобу D_2 визначається шляхом додавання величини інтервалу руху ($I = 15$ хв.) до моменту прибуття транспортного засобу D_1 (табл. 5.2).

Етап 2. Визначити час очікування пасажирів, що здійснюють пересадку.

Час очікування пасажирів, що здійснюють пересадку, формалізується як різниця між моментом прибуття транспортного засобу, з якого здійснюється пересадка (D_1), та моментом прибуття транспортного засобу, на який здійснюється пересадка (D_2) з урахуванням часу, що витрачається на перехід між зупиночними пунктами (t) (рис. 5.2).

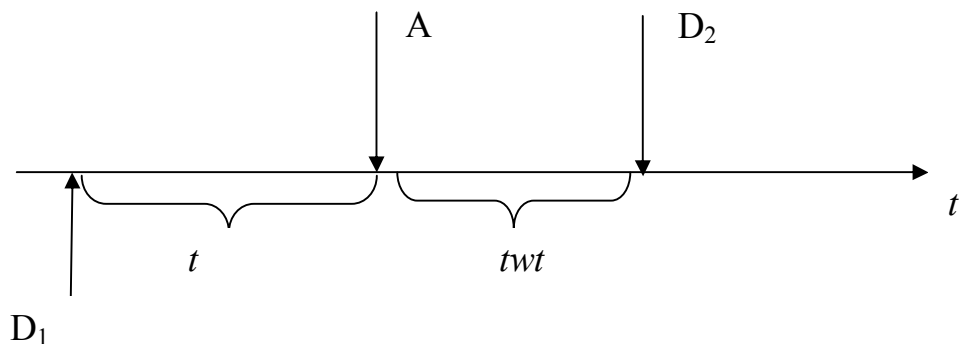


Рисунок 5.2 – Схема визначення часу очікування пасажирів під час пересадки

Час очікування пасажирів під час пересадки:

$$twt = D - (D_1 + t), \quad (5.3)$$

$$twt = \begin{cases} D_2 - (D_1 + t), & \text{при } D_1 + t \leq D_2; \\ D_3 - (D_1 + t), & \text{при } D_1 + t > D_2. \end{cases}$$

Момент прибуття транспортного засобу D_3 визначається шляхом додавання інтервалу руху ($I = 15$ хв.) до моменту прибуття транспортного засобу D_2 .

Етап 3. Для отриманої множини значень часу очікування побудувати гістограму частот.

Кількість інтервалів, на які розбивається діапазон варіювання випадкової величини, визначають за формулою Стерджеса:

$$K = 1 + 3,32 \lg n, \quad (5.4)$$

де n – кількість спостережень випадкової величини.

Етап 4. Для результатів розрахунку часу очікування пасажирів визначити математичне очікування, середнє квадратичне відхилення:

$$M[tw] = \frac{\sum_{i=1}^n tw_i}{n}. \quad (5.5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (tw_i - \bar{tw})^2}{n}}. \quad (5.6)$$

Аналогічно розраховують час очікування пасажирів, що здійснюють пересадку.

Етап 5. Визначити прогнозні значення часу очікування пасажирів:

$$t_{\text{факт}} = \bar{t} \pm \sigma \cdot 1,96. \quad (5.7)$$

Зробити висновки за роботою.

Контрольні питання

1. Як визначається час очікування пасажирів?
2. З яких складових складається процес пересадки пасажирів?
3. Назвіть основні статистичні характеристики випадкових величин.
4. Яким чином розраховується математичне очікування?
5. Яким чином розраховується середнє квадратичне відхилення?

ЗАВДАННЯ № 6 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Мета заняття: закріпити теоретичні знання щодо визначення параметрів функціонування маршрутної мережі міста.

Завдання: виконати прогнозування параметрів функціонування маршрутної мережі міста.

Задача. Оцінити рівень розвиненості маршрутної мережі; визначити щільність маршрутної мережі; розрахувати середній час пересування по маршрутній мережі; охарактеризувати стан дублювання маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами; зробити висновки по роботі.

Вихідні дані для виконання роботи представлено в таблиці 6.1 (передостання цифра за списком групи) та таблиці 6.2 (остання цифра за списком групи). Схема транспортної мережі зображено на рисунку 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика міста

Параметр	Значення									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Площа міста, км ²	60	45	50	52	57	44	57	65	55	48
2 Питомий зміст селітебної площі в загальній площі міста	0,4	0,45	0,34	0,38	0,42	0,48	0,6	0,65	0,57	0,62
3 Довжина дуги графа транспортної мережі, м	560	660	620	670	520	570	610	600	580	640

Таблиця 6.2 – Характеристика маршрутної мережі

Параметр	Значення									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Середня дальність поїздки на електротранспорті, км.	6,09	7,18	6,75	7,29	5,66	6,21	6,64	6,53	6,31	6,96
2 Середня дальність поїздки на міському автобусі, км.	6,6	7,77	7,3	7,89	6,13	6,72	7,19	7,07	6,83	7,53

Продовження таблиці 6.2

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 Швидкість сполучення на маршрутах електротранспорту, км/год		19	20	21	22	20	19	18	22	23	21
4 Швидкість сполучення на автобусних маршрутах, км/год	маршрут 1	22,8	24	25,2	26,4	24	22,8	21,6	26,4	27,6	25,2
	маршрут 2	23,7	25	26,2	27,5	25	23,7	22,5	27,5	28,7	26,2
	маршрут 3	21,8	23	24,5	25,3	23	21,8	20,7	25,3	26,4	24,3
	маршрут 4	19,9	21	22,1	23,1	21	19,9	18,9	23,1	24,1	22,4
	маршрут 5	21,4	22,6	23,7	24,8	22,6	21,4	20,3	24,8	25,9	23,7
5 Добовий обсяг перевезення на маршрутах електро-транспорту, тис. пас.	маршрут 1	12	14,4	15,6	10,8	15	16,8	9,6	10,2	9	13,4
	маршрут 2	11,5	13,8	14,9	10,3	14,3	16,1	9,2	9,7	8,6	12,8
	маршрут 3	10	12	13	9	12,5	14	8	8,5	7,5	11,2
6 Добовий обсяг перевезення на автобусних маршрутах, пас.	маршрут 1	21	25,2	27,3	18,9	26,2	29,4	16,8	17,8	15,7	23,5
	маршрут 2	24	28,8	31,2	21,6	30	33,6	19,2	20,4	18	26,8
	маршрут 3	23	27,6	29,9	20,7	28,7	32,2	18,4	19,5	17,2	25,7
	маршрут 4	27	32,4	35,1	24,3	33,7	37,8	21,6	22,9	20,2	30,2
	маршрут 5	22	26,4	28,6	19,8	27,5	30,8	17,6	18,7	16,5	24,6

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7 Інтервал руху на електротранспорті, хв	20	24	26	18	25	28	16	17	15	22
8 Інтервал руху на автобусних маршрутах, хв	8	10	11	7	9	11	7	9	12	9
9 Траси маршрутів електро-транспортів	маршрут 1	1-6-9-13-17-16-22-26-25-30-24				1-4-7-8-12-17-19-28-27-31-33				
	маршрут 2	3-2-4-7-11-16-23-28-27-31-32-33				2-3-10-15-11-16-23-19-20-9-6-1				
	маршрут 3	30-24-14-10-15-26-27-28-19-20-9-6				24-14-21-25-26-22-16-17-13-18-19-20				
10 Траси автобусних маршрутів	маршрут 1	2-3-4-7-11-16-23-28-32-33-31-25-21-10				6-1-4-7-8-12-17-19-28-32-31-30-24-14				
	маршрут 2	2-4-5-8-12-17-16-23-28-27-26-25-30-24				2-3-10-15-11-16-23-19-18-13-9-5-4-2				
	маршрут 3	24-14-10-15-26-27-28-19-20-29-32				30-24-14-21-25-26-22-16-17-12-8				
	маршрут 4	4-1-6-9-13-17-16-22-26-25-30-24-14-10				33-32-28-23-16-17-13-8-5-4-2-3-10-14				
	маршрут 5	4-5-9-20-19-17-16-11-15-10-14-24-30-31-33-32				6-5-8-12-17-19-23-28-27-26-25-30-24-14-10-3				

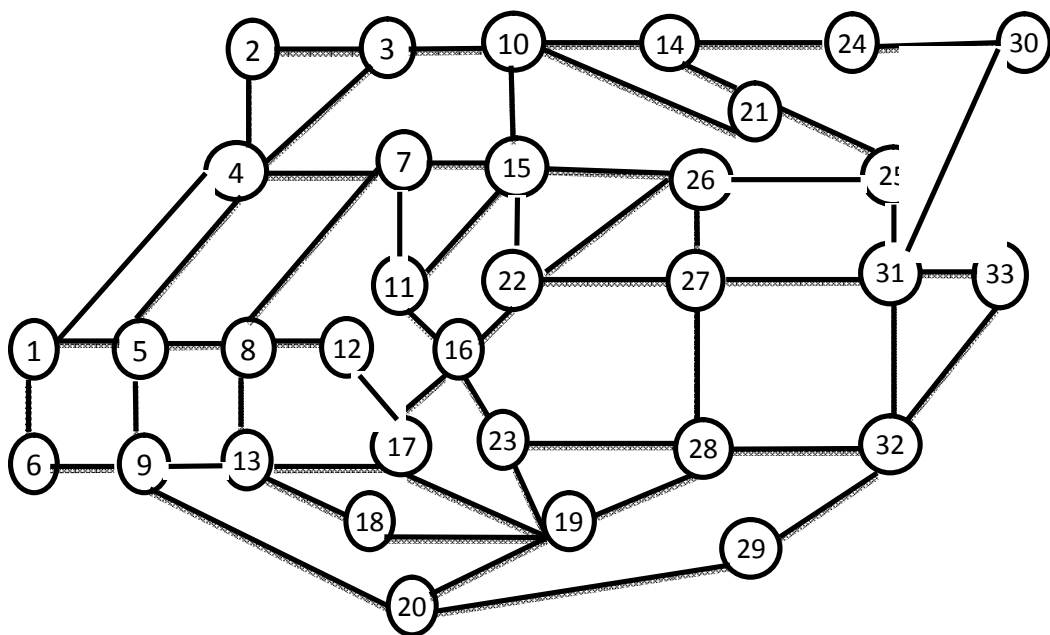


Рисунок 6.1 – Граф транспортної мережі

Рекомендації до виконання

Етап 1. Одним з основних показників, який характеризує ступінь розвиненості маршрутної мережі міста є маршрутний коефіцієнт. Він визначається за наступною залежністю:

$$k_{\text{м}} = \frac{\sum_{i=1}^m l_{\text{мі}}}{L_{\text{тм}}}, \quad (6.1)$$

де $l_{\text{мі}}$ – довжина i -го маршруту, км;

$L_{\text{тм}}$ – протяжність транспортної мережі, км;

m – кількість маршрутів усіх видів міського пасажирського транспорту, од.

Етап 2. Щільність маршрутної мережі (ММ) міста розраховується виходячи з селітебної площі міста – тієї частини міста, на якій безпосередньо мешкає населення:

$$\delta = \frac{L_{\text{мм}}}{F_{\text{сел}}}, \quad (6.2)$$

де $L_{\text{мм}}$ – довжина транспортної мережі, по якій проходять траси маршрутів, км;

$F_{\text{сел}}$ – селітебна площа міста, км².

Виходячи з того, що селітебна площа міста є складовою загальної площі міста, її можна визначити як:

$$F_{\text{сел}} = F_{\text{м}} \cdot k_{\text{сел}}, \quad (6.3)$$

де $F_{\text{м}}$ – площа міста, км²;

$k_{\text{сел}}$ – питомий зміст селітебної площі в загальній площі міста.

Етап 3. Середній час пересування є одним з основних показників оцінки не тільки ефективності функціонування маршрутної мережі, а і якості

транспортного обслуговування населення. Час пересування складається з наступних величин:

$$\bar{t}_{\text{пер}} = \bar{t}_{\text{п}} + \bar{t}_{\text{оч}} + \bar{t}_{\text{підх}} + \bar{t}_{\text{відх}}, \quad (6.4)$$

де $\bar{t}_{\text{п}}$ – середній час поїздки по маршрутній мережі міста (в роботі не береться до уваги можливість виконання пересадок), год.;

$\bar{t}_{\text{оч}}$ – середній час очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів на зупиночних пунктах, год.;

$\bar{t}_{\text{підх}}$ – середній час підходу до зупиночного пункту, год.;

$\bar{t}_{\text{відх}}$ – середній час відходу від зупиночного пункту, год.

3.1 На першому етапі необхідно визначити середній час поїздки окремо для кожного маршруту (автобусного та тролейбусного):

$$t_{\text{п}i}^r = \frac{\bar{l}_r}{V_{ci}}, \quad (6.5)$$

де $t_{\text{п}i}^r$ – середній час поїздки на i -му маршруті r -го виду міського пасажирського транспорту, год.;

\bar{l}_r – середня дальність поїздки на r -му виді міського пасажирського транспорту (МПТ), км.;

V_{ci} – середня швидкість сполучення на i -му маршруті МПТ, км/год.

Середній час поїздки по маршрутній мережі визначається як середньозважене серед усіх маршрутів міста:

$$\bar{t}_{\text{п}} = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m t_{\text{п}ir} \cdot Q_{ir}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m Q_{ir}}, \quad (6.6)$$

де Q_i – добовий обсяг перевезення на i -му маршруті міського пасажирського транспорту, пас.

3.2 Середній час очікування на зупиночному пункті. Для кожного маршруту воно визначається за наступною залежністю:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{1}{2} \cdot I_{pr}, \quad (6.7)$$

де I_{pr} – інтервал руху маршрутних транспортних засобів на r -му виді транспорту, год.

По аналогії з (6.6) визначається середній час очікування на зупиночних пунктах ММ МПТ:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m \bar{t}_{\text{оч}ir} \cdot Q_{ir}}{\sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^m Q_{ir}}. \quad (6.8)$$

3.3 Середній час підходу до зупиночного пункту МПТ визначається на основі даних про щільність маршрутної мережі міста:

$$\bar{t}_{\text{підх}} = \frac{1}{3 \cdot \delta \cdot V_{\text{піш}}}, \quad (6.9)$$

де $V_{\text{піш}}$ – швидкість підходу пасажирів до зупиночного пункту, 4 км/год.

3.4 Середній час відходу від зупиночного пункту приймається рівним середньому часу підходу до зупиночного пункту, який визначено за формулою (6.9).

Етап 4. Оцінка ступеню дублювання трас маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами виконується шляхом зіставлення кількості збігів по зупиночних пунктах. В загальному виді пошук кількості збігів оцінюється як:

$$S_b = \frac{w}{n_b} \cdot 100, \quad (6.10)$$

де S_b – ступінь дублювання маршруту електротранспорту, %;

w – кількість зупиночних пунктів автобусного маршруту, які входять до траси маршруту електротранспорту, од.;

n_b – кількість зупиночних пунктів маршруту електротранспорту, од.

В висновках по роботі надати оцінку ступеню розвиненості та доступності маршрутної мережі, відповідності нормативам для малих та середніх міст часу пересування по маршрутній мережі та охарактеризувати рівень дублювання трас маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами. Приділити особливу увагу заходам по підвищенню ефективності функціонування маршрутної мережі (у разі потреби по результатах розрахунків).

Контрольні питання

1. Що таке селітебна площа міста?
2. Як визначається маршрутний коефіцієнт?
3. З яких показників складається час пересування пасажирів?
4. Яким чином оцінюється ступінь дублювання трас маршрутів?
5. Які заходи пропонуються для підвищення ефективності функціонування маршрутної мережі?
6. Який зв'язок між маршрутним коефіцієнтом та щільністю маршрутної мережі?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилов Є. В. Основи теорії систем і управління / Є. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитріченко. – Київ : Знання України, 2005. – 343 с.
2. Горбачёв П. Ф. Моделирование спроса на услуги пассажирского маршрутного транспорта в крупных городах / П. Ф. Горбачёв, А. В. Россолов. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – 152 с.
3. Ефремов В. С. Теория городских пассажирских перевозок : [учеб. пособие для вузов] / В. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.
4. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов : учебник для вузов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
5. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – Киев : Вища школа, 1976. – 232 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

*(для студентів 1, 2 курсів денної і 3 курсу заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

Укладачі: **РОССОЛОВ** Олександр Вікторович,
САМЧУК Ганна Олександрівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Луценко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз. 189М.

Підп. до друку 10.05.2019. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,9.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.